

(43) 国際公開日  
2006年3月9日 (09.03.2006)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2006/025254 A1(51) 国際特許分類:  
H01M 8/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/015428

(22) 国際出願日: 2005年8月25日 (25.08.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2004-256149 2004年9月2日 (02.09.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1006番地 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高田 雅弘 (TAKADA, Masahiro). 高津 克巳 (KOZU, Katsumi). 市瀬 俊彦 (ICHINOSE, Toshihiko).

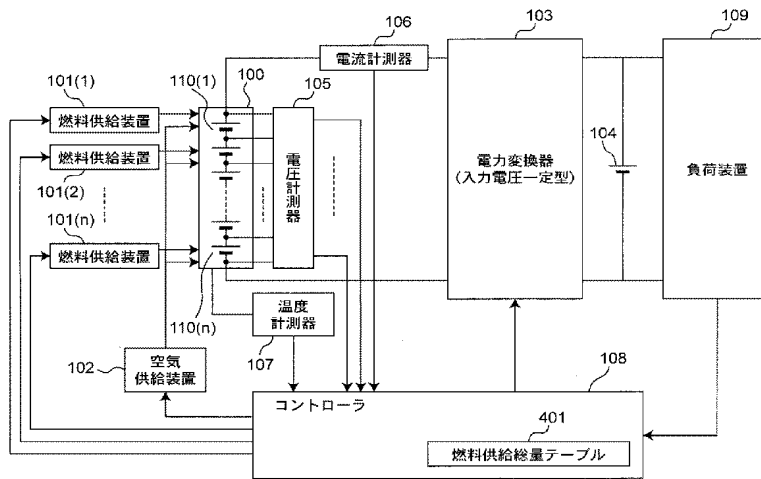
(74) 代理人: 河宮 治, 外 (KAWAMIYA, Osamu et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見 1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,

[続葉有]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称: 燃料電池システム



- 101(1) FUEL SUPPLY DEVICE
- 101(2) FUEL SUPPLY DEVICE
- 101(n) FUEL SUPPLY DEVICE
- 102 AIR SUPPLY DEVICE
- 105 VOLTMETER
- 106 AMMETER
- 107 THERMOMETER
- 103 POWER CONVERTER (INPUT VOLTAGE CONSTANT TYPE)
- 109 LOAD DEVICE
- 108 CONTROLLER
- 401 FUEL SUPPLY TOTAL TABLE

(57) Abstract: There is provided a fuel cell system capable of reducing irregularities of voltage of fuel cells and stabilizing the generation power of the fuel cell stack. The fuel cell system includes a fuel cell stack formed by a plurality of fuel cells connected in series, a fuel supply device, an air supply device, and a controller. The controller sets at least one of the fuel supply amount and the air supply amount for each of the fuel cells according to voltage of each of the fuel cells so as to minimize the irregularities of voltages of the fuel cells. The fuel supply device supplies fuel to each of the fuel cells according to the fuel supply amount of each of the fuel cells and/or the air supply device supplies air to each of the fuel cells according to the air supply amount of each of the fuel cells.

(57) 要約: 複数の燃料電池セルの電圧のばらつきを低減して、燃料電池スタックの発電電力を安定化する燃料電池システムを提供する。本発明の燃料電池システムは、複数の燃料電池セルを直列に接続した燃料電池スタックと、燃料供給装置と、

空気供給装置と、コントローラと、を備え、コントローラは、複数の燃料電池セルの各電圧のバラツキが最小になるように、複数の燃料電

[続葉有]

WO 2006/025254 A1



SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

池セルの各電圧に基づいて、燃料供給量と空気供給量の少なくともどちらか一方を燃料電池セル毎に設定し、燃料供給装置は燃料電池セル毎の燃料供給量に基づいて複数の燃料電池セルの各々に燃料を供給し、及び／又は空気供給装置は燃料電池セル毎の空気供給量に基づいて複数の燃料電池セルの各々に空気を供給する。

## 明 細 書

### 燃料電池システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、電子機器などの電源として好適な燃料電池システムに関する。

### 背景技術

[0002] 近年、電子機器等の電源として、長時間連続して電力を供給することができる燃料電池が注目されてきている。燃料電池は、一般に電解質層を間に挟んで、両側に燃料極と空気極とを配置して構成される。燃料極に水素を送給し、空気極に酸素を送給することによって、電気化学的反応が起こり、直流電流が発生する。この電流を発生させる最小単位である燃料電池セルの起電力は小さいので、燃料電池を電源とする機器が要求する電力を得るためには複数の燃料電池セルを直列接続する必要がある。複数の燃料電池セルを積層して燃料電池スタックを構成することにより、大きな電力を作ることができる。

[0003] 一方、燃料電池から取り出すことができる電流の所望の値は反応面積の拡大により達成できるが、携帯型の電子機器などの電源は小型化が要求されるため、反応面積を拡大することはできない。限られた反応面積の中で反応を活発且つ多量に起こさせるために、負荷機器の要求電力に応じて各燃料電池セルに燃料を円滑に送給するなどの運転制御が求められている。

[0004] 特許文献1に、効率良く、かつ安全に運転することができる第1の従来例の燃料電池の運転方法及び運転装置が開示されている。燃料電池システムの効率を高めるために、空気供給源の空気圧縮機の負荷を低減したり、燃料ガス流量の供給を過度に小さい量にすると、セル電圧の低下、反転を引き起こして燃料電池に損傷を与えることがある。そのため、第1の従来例の燃料電池の運転技術には、例えば燃料電池の燃料電池セル電圧を監視し、その標準偏差が所定値を上回らず、所定値に追随するように負荷電流、空気供給量、空気圧力、燃料ガス供給量および燃料ガス圧力を制御する方法が提案されている。これにより、従来例の運転方法及び運転装置は、燃料電池が損傷することなく安全に運転し、且つ燃料電池システムの効率を上げるこ

とを図っている。

- [0005] 特許文献2に、他の従来例の燃料電池システムが開示されている。他の従来例の燃料電池システムは、負荷の要求電力に応じて、水素供給量を変更し、且つ燃料電池を構成する燃料電池セルの各出力電圧が所定のセル電圧になるように電圧制御を行う。これにより、その時々の水素供給量における最大限の発電電力が得られ、且つ燃料電池を構成する各燃料電池セルの電圧特性がばらついた場合でも電圧低下による過放電を防止することができるよう意図している。

特許文献1:特開2000-208161号公報

特許文献2:特開2002-184443号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 第1の従来例の燃料電池の運転方法及び運転装置は、燃料電池スタックを形成する複数の燃料電池セルの各電圧を監視し、燃料電池スタックに供給する燃料及び空気の量を制御していた。他の従来例の燃料電池システムは、燃料電池スタックを形成する複数の燃料電池セルの各電圧を測定して、燃料電池スタックに供給する水素及びセルの目標電圧を制御していた。しかし、従来の技術では、発電電力量と要求電力の差に応じて燃料電池スタックに供給する燃料または空気のそれぞれの総量を決定し、燃料又は空気の総量を一定に保ちながら、各燃料電池セルの電圧のばらつきを低減するために、各燃料電池セル毎に燃料供給量または空気供給量を増減させることは困難であった。燃料電池スタックを形成する複数の燃料電池セルにそれぞれ均等な濃度の規定量の燃料を精度良く供給するためには、各燃料電池セルに個別に燃料を供給することが、望ましい燃料供給方式となる。

- [0007] 本発明は、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの電圧のばらつきを低減して、燃料電池スタックの発電電力を安定化する燃料電池システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 上記課題を解決するため、本発明は下記の構成を有する。本発明の1つの観点による燃料電池システムは、複数の燃料電池セルを直列に接続した燃料電池スタックと

、目標とする燃料供給量に基づいて、前記複数の燃料電池セルの各々に燃料を供給する燃料供給装置と、目標とする空気供給量に基づいて、前記複数の燃料電池セルの各々に空気を供給する空気供給装置と、負荷装置が要求した要求電力と前記複数の燃料電池セルの各電圧とに基づいて、前記燃料供給量と前記空気供給量とを決定するコントローラと、を備えた燃料電池システムにおいて、前記コントローラは、前記複数の燃料電池セルの各々の電圧のバラツキが最小になるように、前記複数の燃料電池セルの各電圧に基づいて、前記燃料供給量と前記空気供給量の少なくともいずれか一方を前記燃料電池セル毎に設定し、前記燃料供給装置は前記燃料電池セル毎の前記燃料供給量に基づいて前記複数の燃料電池セルの各々に燃料を供給し、及び／又は前記空気供給装置は前記燃料電池セル毎の前記空気供給量に基づいて前記複数の燃料電池セルの各々に空気を供給する、ことを特徴とする。

[0009] この発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの電圧のばらつきを低減して、燃料電池スタックの発電電力を安定化する燃料電池システムを実現できる。この発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの特性のばらつきや燃料供給装置の特性のばらつきによって、いずれかの燃料電池セルの電圧が低下して劣化することを防ぐ燃料電池システムを実現できる。この発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルのいずれかの燃料電池セルによって電流が低下し、結果的に燃料電池スタックの発電電力が低下することを防ぐ燃料電池システムを実現できる。

[0010] 本発明の他の観点による上記の燃料電池システムにおいて、前記コントローラが、所定時間毎に、前記複数の燃料電池セルの各電圧と前記複数の燃料電池セルの電圧の平均値との差である電圧偏差を算出し、前記燃料供給量の総量を一定に保ちながら前記電圧偏差に応じて前記複数の燃料電池セルの各々の前記燃料供給量を増減させて、及び／又は前記空気供給量の総量を一定に保ちながら前記電圧偏差に応じて前記複数の燃料電池セルの各々の前記空気供給量を増減させても良い。

[0011] この発明によれば、燃料電池スタックの動作点を一定に保ちながら、複数の燃料電池セルの電圧のばらつきを低減する燃料電池システムを実現できる。

- [0012] 本発明の他の観点による上記の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムが、前記燃料電池スタックの温度を計測する温度計測器を更に備え、前記コントローラは、前記燃料電池スタックの温度と前記負荷装置の要求電力とから、前記燃料供給量の総量を算出する燃料供給総量テーブル及び／又は前記空気供給量の総量を算出する空気供給総量テーブルを有し、前記コントローラは、前記温度計測器から前記燃料電池スタックの温度を入力し、前記負荷装置から要求電力を入力して、前記燃料供給総量テーブル及び／又は前記空気供給総量テーブルに基づいて前記燃料供給量の総量及び／又は前記空気供給量の総量を算出し、前記燃料供給量の総量及び／又は前記空気供給量の総量を前記燃料電池セルの総数で除した量を前記複数の燃料電池セルの各々の前記燃料供給量及び／又は前記空気供給量の初期値とし、前記複数の燃料電池セルの各電圧と前記複数の燃料電池セルの電圧の平均値との差である電圧偏差を算出し、各々の前記燃料電池セルの前記燃料供給量及び／又は前記空気供給量から前記電圧偏差に所定の値を乗算した値を減算して目標とする燃料供給量及び／又は空気供給量を得る動作を所定時間毎に繰り返しても良い。
- [0013] この発明によれば、負荷装置が要求する要求電力と燃料電池スタックが出力する発電電力とをできるだけ一致させながら、複数の燃料電池セルの電圧のばらつきを低減する燃料電池システムを実現できる。
- [0014] 本発明の他の観点による上記の燃料電池システムにおいて、前記コントローラが、所定時間毎に、前記複数の燃料電池セルの各電圧と前記複数の燃料電池セルの電圧の平均値との差である電圧偏差を算出し、前記複数の燃料電池セルの前記電圧偏差の絶対値の最大値が所定値よりも小さくなった場合に、一定時間内の前記燃料電池スタックの発電電力を算出し、その発電電力と前記負荷装置からの要求電力との電力差に応じて、前記燃料供給量の総量又は前記空気供給量の総量を増減させても良い。
- [0015] この発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの特性のばらつきや燃料供給装置の特性のばらつきによって、いずれかの燃料電池セルの電圧が低下して劣化することを防ぐ燃料電池システムを実現できる。この発明によれば、

負荷装置が要求する要求電力と燃料電池スタックが出力する発電電力とをできるだけ一致させる燃料電池システムを実現できる。

[0016] 本発明の他の観点による上記の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池スタックの発電電力と前記負荷装置からの要求電力との電力差に所定の値を乗じた値をこれまでの前記燃料供給量の総量又は前記空気供給量の総量に加算することによって前記燃料供給量の総量又は空気供給量の総量を増減させても良い。

[0017] この発明によれば、負荷装置が要求する要求電力と燃料電池スタックが出力する発電電力とをできるだけ一致させる燃料電池システムを実現できる。

[0018] 本発明の他の観点による上記の燃料電池システムは、前記燃料電池スタックの電圧又は電流が、前記コントローラが決定する目標電圧又は目標電流になるように制御して、前記燃料電池スタックが出力する電力を前記負荷装置に供給する電力変換器を更に有し、前記複数の燃料電池セルの各電圧の中の最小電圧値が所定電圧値よりも小さくなった際には、前記コントローラが前記目標電圧を増加させることにより、前記電力変換器は前記燃料電池スタックの電圧を増加させ、あるいは前記コントローラが前記目標電流を減少させることにより、前記電力変換器は前記燃料電池スタックの電流を減少させても良い。

[0019] この発明によれば、燃料電池スタックを構成する燃料電池セルの特性のばらつきや燃料供給装置の特性のばらつきによって、いずれかの燃料電池セルの電圧が低下して劣化することを防ぐ燃料電池システムを実現できる。この発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルのいずれかの燃料電池セルによって電流が低下し、結果的に燃料電池スタックの発電電力が低下することを防ぐ燃料電池システムを実現できる。

[0020] 本発明の他の観点による上記の燃料電池システムにおいて、前記複数の燃料電池セルの各電圧の中での最小電圧値が所定電圧値よりも小さくなった際には、前記コントローラは前記最小電圧値と前記所定電圧値との電圧差に所定値を乗じた値を前記目標電圧に加算し、前記目標電圧に基づいて前記電力変換器は前記燃料電池スタックの電圧を増加させ、あるいは前記コントローラは前記最小電圧値と前記所定電圧値との電圧差に所定値を乗じた値を前記目標電流から減算し、前記目標電流

に基づいて前記電力変換器は前記燃料電池スタックの電流を減少させても良い。

- [0021] この発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの特性のばらつきや燃料供給装置の特性のばらつきによって、いずれかの燃料電池セルの電圧が低下して劣化することを防ぐ燃料電池システムを実現できる。この発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルのいずれかの燃料電池セルによって電流が低下し、結果的に燃料電池スタックの発電電力が低下することを防ぐ燃料電池システムを実現できる。

### 発明の効果

- [0022] 本発明によれば、燃料電池セル毎に燃料供給量又は空気供給量を増減させることにより、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの電圧のばらつきを低減して、燃料電池スタックの発電電力を安定化する燃料電池システムを実現できるという有利な効果が得られる。
- [0023] 本発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの特性のばらつきや燃料供給装置の特性のばらつきによって、いずれかの燃料電池セルの電圧が低下して劣化する、と言うことを防ぐ燃料電池システムを実現できるという有利な効果が得られる。
- [0024] 本発明によれば、燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルの中のいずれかの燃料電池セルによって電流が低下し、結果的に燃料電池スタックの発電電力が低下する、と言うことを防ぐ燃料電池システムを実現できるという有利な効果が得られる。
- [0025] 本発明によれば、負荷装置が要求する要求電力と燃料電池スタックが出力する発電電力をできるだけ一致させる燃料電池システムを実現できるという有利な効果が得られる。

### 図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明の実施の形態1の燃料電池システムの概念構成図である。
- [図2]本発明の実施の形態1の燃料電池システムの制御アルゴリズムを示すフローチャート図である。
- [図3]本発明の実施の形態1の燃料電池システムの燃料電池セルの燃料供給量と最



大出力電力との関係を示す図である。

[図4]本発明の実施の形態1の燃料電池システムの要求電力と燃料供給総量との関係を示す図である。

[図5]本発明の実施の形態2の燃料電池システムの概念構成図である。

[図6]本発明の実施の形態2の燃料電池システムの制御アルゴリズムを示すフローチャート図である。

[図7]本発明の実施の形態2の燃料電池システムの燃料電池セルの空気供給量と最大出力電力との関係を示す図である。

[図8]本発明の実施の形態2の燃料電池システムの要求電力と空気供給総量との関係を示す図である。

[図9]本発明の実施の形態2の燃料電池システムの空気供給量の変化に対する燃料電池セルの電流－電圧特性と電流－電力特性を示す図である。

#### 符号の説明

- [0027] 100 燃料電池スタック
- 101、501 燃料供給装置
- 102、502 空気供給装置
- 103 電力変換器
- 104 2次電池
- 105 電圧計測器
- 106 電流計測器
- 107 温度計測器
- 108 コントローラ
- 109 負荷装置
- 110 燃料電池セル

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0028] 本発明の実施をするための最良の形態を具体的に示した実施の形態について、以下に図面とともに記載する。

- [0029] 《実施の形態1》

図1～4を用いて、本発明の実施の形態1の燃料電池システムを説明する。図1は、本発明の実施の形態1の燃料電池システムの構成を示す図である。図1に示すように本発明の実施の形態1の燃料電池システムは、複数の燃料電池セルで構成される燃料電池スタック100、燃料電池スタック100の各燃料電池セルに燃料を供給するための燃料供給装置101(1)～101(n) (nは2以上の任意の正整数)、燃料電池スタック100の各燃料電池セルに空気を供給するための空気供給装置102、燃料電池スタック100の電圧を制御するための電力変換器103、燃料電池スタック100の発電電力が負荷装置の要求電力に満たないときに不足分の電力を補うための2次電池104、燃料電池スタック100の各燃料電池セルの電圧を計測するための電圧計測器105、燃料電池スタック100の電流を計測するための電流計測器106、燃料電池スタック100の温度を計測するための温度計測器107、燃料電池システムを制御するためのコントローラ108を有する。本実施の形態の燃料電池システムは、負荷装置109に電力を供給する。

- [0030] 燃料電池スタック100は、n個 (nは2以上の任意の正整数) の燃料電池セル110(1)～110(n)を直列に接続して構成される。燃料電池セル110(1)～110(n)は、電解質層の両側に燃料極と空気極とを配置して構成される(図示していない。)。燃料極に水素または水素イオンを発生させる燃料(例えばメタノール)を送給し、空気極に酸素を送給することによって、電気化学的反応が起こり、直流電気が発生する。燃料電池セル110(1)～110(n)は、燃料供給装置101(1)～101(n)からそれぞれ、燃料電池セル毎に設定された燃料供給量の燃料を供給される。各燃料電池セル110(1)～110(n)は、空気供給装置102から同一の空気供給量の空気を供給される。
- [0031] 燃料供給装置101(1)～101(n)は、コントローラ108から燃料電池セル毎の燃料供給量をそれぞれ入力し、その燃料供給量に基づいて燃料電池セル110(1)～110(n)にそれぞれ燃料を供給する。
- [0032] 空気供給装置102は、コントローラ108から空気供給量を入力し、その空気供給量に基づいて燃料電池セル110(1)～110(n)に、空気を供給する。空気供給量は、n個全ての燃料電池セル110(1)～110(n)に対して共通の値である。
- [0033] 電力変換器103は、実施の形態1において入力電圧一定型のDC-DCコンバー

タである。電力変換器103は、燃料電池スタック100の電圧(直列に接続した燃料電池セル110(1)～110(n)の総電圧)が、コントローラ108が指示した目標電圧になるように制御する。

[0034] 2次電池104は、電力変換器103の出力端子に接続される。2次電池104は、実施の形態1においてリチウムイオン2次電池である。2次電池104は、負荷装置109の要求する要求電力が、燃料電池スタック100の発電電力だけでは足りない場合に、放電し、負荷装置109に電力を供給する。本発明の燃料電池システムは、負荷装置109の要求する要求電力と、燃料電池スタック100の発電電力とが一致するように、要求電力に応じて燃料電池スタック100の目標電圧と燃料供給総量を設定するが、燃料電池スタックだけでは負荷装置109の要求する要求電力に合わせて、発電電力をすぐに追従させることができないため、追従できない分の電力を、2次電池が放電することにより補う。2次電池104は、負荷装置109が要求する要求電力よりも、燃料電池スタック100の発電電力が多いときに、余った電力(＝要求電力－発電電力)で充電される。

[0035] 電圧計測器105は、n個の燃料電池セル110(1)～110(n)の各電圧を計測して、計測したn個の電圧値をコントローラ108に伝送する。電流計測器106は、燃料電池スタック100の出力電流を計測して、計測した電流値をコントローラ108と電力変換器103とに伝送する。温度計測器107は、燃料電池スタック100の温度を計測して、コントローラ108に伝送する。

[0036] コントローラ108は、負荷装置109が要求した要求電力を入力し、その要求電力に応じて燃料電池スタック100の目標電圧を決定し、電力変換器103に目標電圧を出力する。コントローラ108は、燃料供給総量テーブル401(図4)を有する。図4については後述する。コントローラ108は、負荷装置109が要求してきた要求電力と温度計測器107が計測した温度とを入力して、燃料供給総量テーブル401から、燃料電池セル110(1)～110(n)に供給する燃料供給総量を算出する。

[0037] コントローラ108は、電圧計測器105が出力するn個の燃料電池セル110(1)～110(n)の各電圧値を入力し、各電圧値に基づいてn個の燃料電池セルに供給する燃料供給量をそれぞれ決定する。n個の燃料供給量の総和は、燃料供給総量と一致

するようにする。この燃料供給量の求め方の詳細を図2に示す。図2については後述する。コントローラ108は、 $n$ 個の燃料供給量をそれぞれ対応する燃料供給装置101(1)～(n)に出力する。コントローラ108は、所定の空気供給量の値を空気供給装置102に出力する。

[0038] 負荷装置109は、2次電池の両端に接続される。実施の形態1において負荷装置109は、ノートパソコンである。負荷装置109は、コントローラ108に要求電力を出力する。負荷装置109は、燃料電池スタック100が出力する電力と、2次電池104が放電する電力とを合わせた電力を供給され、動作する。

[0039] 上記のように構成される本実施の形態の燃料電池システムは、燃料電池セル110(1)～110(n)の各電圧のばらつきが、燃料供給量のばらつきや燃料電池セルの特性のばらつきにより発生するような場合に、燃料電池セルの電圧のばらつきの低減を図るものである。各燃料電池セル毎に燃料供給量を制御して燃料電池セルの電圧のばらつきを低減し、燃料電池セルの劣化を防止して、燃料電池スタックの発電電力の安定化を図ることを目的とする。

[0040] 図3は、本発明の実施の形態1の燃料電池システムにおいて、燃料電池セルに供給する燃料供給量と、燃料電池セルの最大出力電力との関係を示す図である。図3において、横軸が燃料供給量(cc/min)で、縦軸が最大出力電力(W)を示す。図3に示すように、所定の燃料供給量( $Ri\_max$ )に達するまでは、燃料電池セル110(1)～110(n)に供給する燃料供給量の増加に伴って、燃料電池セルの出力する最大出力電力は単調に増加する。本発明の実施の形態1の燃料電池システムは、この単調増加領域内( $Ri\_min \leq \text{燃料供給量} \leq Ri\_max$ )で各燃料電池セルに燃料をそれぞれ供給する。

[0041] 図4は、本発明の実施の形態1の燃料電池システムにおいて、要求電力と燃料供給総量との関係を示す燃料供給総量テーブル401である。図4において、横軸は負荷装置109から要求される要求電力を示し、縦軸は燃料電池スタック100に供給する燃料の燃料供給総量を示す。要求電力と燃料供給総量との関係は、温度に応じて変化する。図4に示すように、燃料電池スタックの温度が低いほど、負荷装置が要求する要求電力を満たすために必要な燃料供給総量は多くなる。

- [0042] 図2は、本発明の実施の形態1の燃料電池システムの制御アルゴリズムを示すフローチャートである。まず、コントローラ108は、負荷装置109が要求する要求電力( $P_{req}$ )と、温度計測器107が出力する燃料電池スタック100の温度計測値( $T_1$ )とを入力し、燃料供給総量テーブル401から燃料供給総量( $R_{total}$ )を算出する(ステップ200)。このとき、コントローラ108は要求電力に基づいて、燃料電池スタック100の目標電圧 $V_0$ を決定し、電力変換器103に出力する。
- [0043] コントローラ108は、燃料供給総量( $R_{total}$ )を燃料電池セルの数( $n$ )で除算した値を、各燃料電池セルへの燃料供給量( $R_i$ )の初期値に設定する( $R_i \leftarrow R_{total}/n$  ( $i = 1 \sim n$ ))(ステップ201)。
- [0044] 燃料供給装置101(1)～(n)は、コントローラ108から指示された燃料供給量( $R_i$ )( $i = 1 \sim n$ )に応じて、各燃料電池セル110(1)～110(n)にそれぞれ燃料を供給する。空気供給装置102は、コントローラ108から指示された一定の空気供給量に応じて、各燃料電池セル110(1)～110(n)に均等に空気を供給する。燃料電池セル110(1)～110(n)は、燃料と空気を供給され、発電する。電力変換器103は、燃料電池スタック100の電圧を入力し、燃料電池スタックの電圧が目標電圧になるように制御する。
- [0045] 一定時間(実施の形態1において、1分)経過したか否かを判断する(ステップ202)。一定時間が経過するまで、初期値の燃料供給量を各燃料電池セルに供給し続ける。一定時間が経過すると、一定時間内における各燃料電池セルのそれぞれの平均電圧( $V_1 \sim V_n$ )を算出する(ステップ203)。n個の電圧( $V_1 \sim V_n$ )の平均電圧( $V_{ave}$ )を算出する(ステップ204)。燃料電池セル毎に、電圧( $V_1 \sim V_n$ )と平均電圧( $V_{ave}$ )との差であるセル電圧偏差( $e_i$ )を算出する( $e_i = V_i - V_{ave}$  ( $i = 1 \sim n$ ))(ステップ205)。
- [0046] 各燃料電池セルへの燃料供給量( $R_i$ )をセル電圧偏差( $e_i$ )に応じて算出し直す( $R_i = R_i - k_1 \times e_i$ )(ステップ206)。ここで、 $k_1$ は所定の正定数[cc/min/V]である。電圧の高い燃料電池セルほど燃料供給量( $R_i$ )は小さくなり、電圧の低い燃料電池セルほど燃料供給量( $R_i$ )は大きくなる。この結果、全ての燃料電池セルへの燃料供給総量( $R_{total}$ )は一定のままで、各燃料電池セルへの燃料供給量( $R_i$ )をそれぞれ

の燃料電池セル電圧偏差( $e_i$ )に応じて変えることができる。ステップ206において、燃料供給総量が一定となる理由は下記式で示される。

$$\begin{aligned}\Sigma R_i &= \Sigma R_i - k_1 \Sigma e_i \\ &= \Sigma R_i - k_1 (\Sigma V_i - n V_{ave}) \\ &= \Sigma R_i - k_1 \times 0 \\ &= \Sigma R_i \\ &= R_{total}\end{aligned}$$

[0047] 燃料供給量( $R_i$ )が、単調増加領域(燃料電池セルへの燃料供給量の増加に伴って燃料電池セルの発電電力が単調に増加する領域(図3))内に収まるように、燃料供給量( $R_i$ )の飽和处理を行う(ステップ207)。ここでの飽和处理とは、燃料供給量( $R_i$ )が燃料供給量最小値( $R_{i\_min}$ )未満なら $R_{i\_min}$ に設定し、燃料供給量最大値( $R_{i\_max}$ )より大きければ $R_{i\_max}$ に設定することである。その理由は、燃料供給量最大値( $R_{i\_max}$ )より多い量の燃料を燃料電池セルに供給しても、発電電力の増加が見込めないからである。燃料供給装置101(1)～(n)は、飽和处理後の燃料供給量( $R_i$ ) ( $i=1\sim n$ )に基づいて、燃料電池セル110(1)～110(n)にそれぞれ燃料を供給する。

[0048] ここで、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧の最小値が所定値よりも小さくなってその燃料電池セルが破損することを防ぐために、コントローラ108は電力変換器103に出力する燃料電池スタック100の目標電圧を設定し直す(ステップ220～223)。

[0049] まず、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧の最小値( $\min(V_i)$  ( $i=1\sim n$ ))と、所定値( $V_{ref\_min}$ )との差であるセル最小電圧偏差( $e_m$ )を算出する( $e_m \leftarrow \min(V_i)$  ( $i=1\sim n$ ) -  $V_{ref\_min}$ ) (ステップ220)。セル最小電圧偏差( $e_m$ )が所定値より小さいか否か判断する(ステップ221)。セル最小電圧偏差が所定値より小さければ、燃料電池スタック100の目標電圧を増加させる(目標電圧 ← 目標電圧 +  $k_3 \times e_m$ ) (ステップ222)。ここで、 $k_3$ は所定の係数である。このようにコントローラ108は目標電圧を増加させ、電力変換器103はステップ222で設定された新たな目標電圧に一致するように、燃料電池スタック100の電圧を増加させる。これにより、燃料電池セルの電圧が所定値未満になって過放電が起こり、燃料電池セルの電解質膜が破損ま

たは劣化することを防いでいる。セル最小電圧偏差が所定値以上であれば、目標電圧を元の値 $V_0$ に戻す(ステップ223)。

[0050] 次に、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきを示す値であるn個の電圧偏差( $e_i$ ( $i=1\sim n$ ))の絶対値の最大値が、所定値より小さいか否かを判断する(ステップ208)。n個の電圧偏差の絶対値の最大値が所定値以上であれば、n個の燃料電池セルの電圧のばらつきが大きいと判断し、ステップ202に戻る。ステップ202からステップ223を繰り返し、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきが低減するのを待つ。

[0051] 一方、n個の電圧偏差の絶対値の最大値が所定値より小さければ、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきが小さくなったと判断し、燃料電池スタック100の最新の所定時間(一定時間)内の発電電力(P)を算出する(電力 $P = \text{総電圧}(\sum V_i) \times \text{電流}$ )(ステップ209)。

[0052] さらに負荷装置109が要求する要求電力( $P_{req}$ )と、燃料電池スタック100の発電電力(P)との電力差( $e_p$ )を算出する(ステップ210)。電力差( $e_p$ )の絶対値が所定値より小さいか否かを判断する(ステップ211)。電力差( $e_p$ )が所定値より小ければ、現在の発電電力が良好とみなし、ステップ202に戻る。

[0053] 電力差( $e_p$ )の絶対値が所定値以上であれば、燃料供給総量の過不足が生じていると判断し、電力差に応じて燃料供給総量を算出し直す( $R_{total} \leftarrow R_{total} + k_2 \times e_p$ )(ステップ212)。ここで、 $k_2$ は所定の正定数[cc/min/V]である。具体的には、燃料電池スタック100の発電電力(P)が、要求電力( $P_{req}$ )より小さいときには、燃料供給量不足と判断し、燃料供給総量( $R_{total}$ )を増加させる。発電電力(P)が要求電力( $P_{req}$ )より大きいときには、燃料供給量過剰と判断し、燃料供給総量( $R_{total}$ )を減少させる。

[0054] このとき、燃料電池スタック100の発電電力不足の際に燃料供給総量( $R_{total}$ )が増えすぎたり、ゼロになることを避けるために飽和处理を行う(ステップ213)。ここでの飽和处理とは、燃料供給総量( $R_{total}$ )が、燃料供給総量最小値( $R_{total\_min} = n \times R_{i\_min}$ )未満なら $R_{total\_min}$ に設定し、燃料供給総量最大値( $R_{total\_max} = n \times R_{i\_max}$ )より大きければ $R_{total\_max}$ に設定することである。燃料供給

総量( $R_{total}$ )を変更することにより、燃料電池セル110(1)～110(n)への各燃料供給量( $R_i$ ) ( $i=1\sim n$ )がそれぞれ同じ割合で変更される。ステップ202に戻る。

[0055] その後この燃料電池システムはステップ202以降を繰り返し、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきを低減するように、各燃料電池セルへの燃料供給量( $R_i$ ) ( $i=1\sim n$ ))を調整しながら、要求電力( $P_{req}$ )と燃料電池スタック100の発電電力( $P$ )を一致させる。

[0056] 以上述べた通り、本実施の形態の燃料電池システムは、各燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきに応じて各燃料電池セルへの燃料供給量( $R_i$ )を制御する。これにより、燃料電池セルの特性や燃料供給装置の特性に多少ばらつきがあっても、燃料電池セルの電圧のばらつきを低減し、又は無くすることができる。そして、いずれかの燃料電池セルの電圧が低下することを防ぎ、燃料電池セルが劣化することを防ぐ。更に、いずれかの燃料電池セルの電流が低下することにより、燃料電池スタックの発電電力が低下してしまうことを防ぐことができる。

[0057] 本発明の実施の形態1の燃料電池システムは、負荷装置109が要求する要求電力と燃料電池スタック100の発電電力との差に応じて燃料供給総量を管理することにより、要求電力と発電電力をできるだけ一致させることができる。燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧の最小値が所定値より小さくなった場合には、燃料電池スタック100の電圧を増加させることにより、燃料電池セルの劣化を未然に防ぐことができる。

[0058] なお、本発明の実施の形態1の電力変換器103は、燃料電池スタック100の電圧を目標電圧に一致させるように制御するDC-DCコンバータであった。これに代えて電力変換器103は、燃料電池スタックの電流を目標電流に一致させるように制御するDC-DCコンバータであっても良い。この場合、図2のステップ222において、コントローラ108は燃料電池スタック100の目標電圧の増加に代えて、燃料電池スタックの目標電流を減少させる( $\text{目標電流} \leftarrow \text{目標電流} - k_4 \times e_m$ ) ( $k_4$ は所定の正定数)。

[0059] なお、本発明の実施の形態1において、燃料電池セルと同数の燃料供給装置が各燃料電池セルにそれぞれ燃料を供給したが、燃料供給装置の数はこれに限定されない。複数の燃料電池セルのそれぞれに対応する燃料供給量に基づいて個別に燃料を供給できれば、燃料供給装置の数はいくつであっても良い。例えば、一つの燃



料供給装置が燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルにそれぞれ燃料を供給しても良い。

[0060] 《実施の形態2》

図5～9を用いて、本発明の実施の形態2の燃料電池システムを説明する。図5は、本発明の実施の形態2の燃料電池システムの構成を示す図である。図5において、図1と同一の構成要素には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。実施の形態2の燃料電池システムは、空気を供給する空気供給装置502(1)～502(n) (nは2以上の任意の正整数)を燃料電池セル101(1)～101(n)毎に設置し、各燃料電池セルに均一に燃料を供給する燃料供給装置501を一つ設置する。コントローラ108は、空気供給総量テーブル801(図8)を有する。それ以外の構成について、実施の形態2の燃料電池システムは実施の形態1と同じである。

[0061] 実施の形態2の燃料電池システムは、空気供給量のばらつきにより燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきが発生するような場合に、空気供給量を制御して燃料電池セル101(1)～101(n)の電圧のばらつきを低減し、燃料電池スタックの発電電力の安定化と燃料電池セルの劣化を防止することを目的とする。各燃料電池セル110(1)～110(n)への空気供給量の求め方の詳細は図6に示す。図6については後述する。

[0062] 図7は、本発明の実施の形態2の燃料電池システムにおいて、燃料電池セルに供給する空気供給量と、燃料電池セルが出力する最大出力電力の関係を示す図である。図7において、横軸が空気供給量(L/min)で、縦軸が最大出力電力(w)を示す。図7に示すように、所定の空気供給量( $Ai\_max$ )に達するまでは、燃料電池セル110(1)～110(n)に供給する空気供給量の増加に伴って、燃料電池セルの出力する最大出力電力は単調に増加する。本発明の実施の形態2の燃料電池システムは、この単調増加領域内( $Ai\_min \leq \text{空気供給量} \leq Ai\_max$ )で各燃料電池セル101(1)～101(n)に空気をそれぞれ供給する。

[0063] 図8は、本発明の実施の形態2の燃料電池システムにおいて、要求電力と空気供給総量との関係を示す空気供給総量テーブル801である。図8において、横軸は負荷装置109から要求される要求電力を示し、縦軸は燃料電池スタック100に供給す

る空気の空気供給総量を示す。要求電力と空気供給総量との関係は、温度に応じて変化する。燃料電池スタック100の温度が低いほど、負荷装置109が要求する要求電力を満たすために必要な空気供給総量は多くなる。

[0064] 図9は、パラメータとしての空気供給量の変化に対する燃料電池セルの、電流—電圧特性901(空気供給量:大)、電流—電圧特性902(空気供給量:中)、電流—電圧特性903(空気供給量:小)と、電流—電力特性911(空気供給量:大)、電流—電力特性912(空気供給量:中)、電流—電力特性913(空気供給量:小)を示す図である。図9において、横軸が電流(A)、左側の縦軸が電圧(V)、右側の縦軸が電力(W)を示す。図9において、燃料電池セルへの燃料供給量は2cc/minである。図9から燃料電池セル110(1)~110(n)に供給される空気供給量が少ないと、燃料電池セルの出力する電圧と電力が低下することがわかる。

[0065] 図6のフローチャートについて説明する。図6は、本発明の実施の形態2の燃料電池システムの制御アルゴリズムを示すフローチャートである。本発明の実施の形態2の燃料電池システムは、図6に示すフローチャートを用いて、各燃料電池セル110(1)~110(n)に供給する空気供給量を決定する。図6において、図2と同一ステップには同一番号を付している。

[0066] まず、コントローラ108は、負荷装置109が要求する要求電力( $P_{req}$ )と、温度計測器107が出力する燃料電池スタック100の温度計測値( $T_1$ )とを入力し、空気供給総量テーブル801から空気供給総量( $A_{total}$ )を算出する(ステップ600)。このとき、コントローラ108は要求電力に基づいて、燃料電池スタック100の目標電圧 $V_0$ を決定し、電力変換器103に出力する。

[0067] コントローラ108は、空気供給総量( $A_{total}$ )を燃料電池セルの数( $n$ )で除算した値を、各燃料電池セルへの空気供給量( $A_i$ )の初期値に設定する( $A_i \leftarrow A_{total}/n$  ( $i=1 \sim n$ ))(ステップ601)。

[0068] 空気供給装置502(1)~(n)は、コントローラ108から指示された空気供給量( $A_i$ ) ( $i=1 \sim n$ )に応じて、各燃料電池セル110(1)~110(n)に空気を供給する。燃料供給装置601は、コントローラ108から指示された一定の燃料供給量に応じて、各燃料電池セル110(1)~110(n)に均等に燃料を供給する。燃料電池セル110(1)~11

0(n)は、燃料と空気を供給され、発電する。電力変換器103は、燃料電池スタック100の電圧を入力し、燃料電池スタックの電圧が目標電圧になるように制御する。

[0069] 一定時間(実施の形態2において、1分)経過したか否かを判断する(ステップ202)。一定時間が経過するまで、初期値の空気供給量を各燃料電池セルに供給し続ける。一定時間が経過すると、一定時間内における各燃料電池セルのそれぞれの平均電圧(V1～Vn)を算出する(ステップ203)。n個の電圧(V1～Vn)の平均電圧(Vave)を算出する(ステップ204)。燃料電池セル毎に、電圧(V1～Vn)と平均電圧(Vave)との差であるセル電圧偏差(ei)を算出する( $e_i = V_i - V_{ave}$  (i=1～n)) (ステップ205)。

[0070] 各燃料電池セルへの空気供給量(Ai)をセル電圧偏差(ei)に応じて算出し直す( $A_i = A_i - k_1 \times e_i$ ) (ステップ606)。ここで、k1は所定の正定数[L/min/V]である。電圧の高い燃料電池セルほど空気供給量(Ai)は小さくなり、電圧の低い燃料電池セルほど空気供給量(Ai)は大きくなる。この結果、全ての燃料電池セルへの空気供給総量(Atotal)は一定のままで、各燃料電池セルへの空気供給量(Ai)をそれぞれの燃料電池セル電圧偏差(ei)に応じて変えることができる。ステップ606において、空気供給総量が一定となる理由は下記式で示される。

$$\begin{aligned} \sum A_i &= \sum A_i - k_1 \sum e_i \\ &= \sum A_i - k_1 (\sum V_i - n V_{ave}) \\ &= \sum A_i - k_1 \times 0 \\ &= \sum A_i \\ &= A_{total} \end{aligned}$$

[0071] 空気供給量(Ai)が、単調増加領域(燃料電池セルへの空気供給量の増加に伴って燃料電池セルの発電電力が単調に増加する領域(図7))内に収まるように、空気供給量(Ai)の飽和处理を行う(ステップ607)。ここでの飽和处理とは、空気供給量(Ai)が空気供給量最小値(Ai\_min)未満ならAi\_minに設定し、空気供給量最大値(Ai\_max)より大きければAi\_maxに設定することである。その理由は、空気供給量最大値(Ai\_max)より多い量の空気を燃料電池セルに供給しても、発電電力の増加が見込めないからである。空気供給装置502(1)～(n)は、飽和处理後の空

気供給量( $A_i$ ) ( $i=1\sim n$ )に基づいて、燃料電池セル110(1)～110(n)にそれぞれ空気を供給する。

[0072] ここで、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧の最小値が所定値よりも小さくなってその燃料電池セルが破損することを防ぐために、コントローラ108は電力変換器103に出力する燃料電池スタック100の目標電圧を設定し直す(ステップ220～223)。

[0073] まず、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧の最小値( $\min(V_i)$  ( $i=1\sim n$ ))と、所定値( $V_{ref\_min}$ )との差であるセル最小電圧偏差( $e_m$ )を算出する( $e_m \leftarrow \min(V_i)$  ( $i=1\sim n$ )  $- V_{ref\_min}$ ) (ステップ220)。セル最小電圧偏差( $e_m$ )が所定値より小さいか否かを判断する(ステップ221)。セル最小電圧偏差が所定値より小さければ、燃料電池スタック100の目標電圧を増加させる(目標電圧 $\leftarrow$ 目標電圧 $+k_3 \times e_m$ ) (ステップ222)。ここで、 $k_3$ は所定の係数である。このようにコントローラ108は目標電圧を増加させ、電力変換器103はステップ222で設定された新たな目標電圧に一致するように、燃料電池スタック100の電圧を増加させる。これにより、燃料電池セルの電圧が所定値未満になって過放電が起こって、燃料電池セルの電解質膜が破損または劣化する、ということを防いでいる。セル最小電圧偏差が所定値以上であれば、目標電圧を元の値 $V_0$ に戻す(ステップ223)。

[0074] 次に、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきを示す値である $n$ 個の電圧偏差( $e_i$  ( $i=1\sim n$ ))の絶対値の最大値が、所定値より小さいか否かを判断する(ステップ208)。 $n$ 個の電圧偏差の絶対値の最大値が所定値以上であれば、 $n$ 個の燃料電池セルの電圧のばらつきが大きいと判断し、ステップ202に戻る。ステップ202からステップ223を繰り返し、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきが低減するのを待つ。

[0075] 一方、 $n$ 個の電圧偏差の絶対値の最大値が所定値より小さければ、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきが小さくなったと判断し、燃料電池スタック100の最新の所定時間内の発電電力( $P$ )を算出する(電力 $P = \text{総電圧}(\sum V_i) \times \text{電流}$ ) (ステップ209)。

[0076] さらに負荷装置109が要求する要求電力( $P_{req}$ )と、燃料電池スタック100の発電電力( $P$ )との電力差( $e_p$ )を算出する(ステップ210)。電力差( $e_p$ )の絶対値が所定

値より小さいか否かを判断する(ステップ211)。電力差( $e_p$ )が所定値より小ければ、現在の発電電力が良好とみなし、ステップ202に戻る。

- [0077] 電力差( $e_p$ )の絶対値が所定値以上であれば、空気供給総量の過不足が生じていると判断し、電力差に応じて空気供給総量を算出し直す( $A_{total} \leftarrow A_{total} + k_2 \times e_p$ ) (ステップ612)。ここで、 $k_2$ は所定の正定数[L/min/V]である。具体的には、燃料電池スタック100の発電電力( $P$ )が、要求電力( $P_{req}$ )より小さいときには、空気供給量不足と判断し、空気供給総量( $A_{total}$ )を増加させる。発電電力( $P$ )が要求電力( $P_{req}$ )より大きいときには、空気供給量過剰と判断し、空気供給総量( $A_{total}$ )を減少させる。
- [0078] このとき、燃料電池スタック100の発電電力不足の際に空気供給総量( $A_{total}$ )が増えすぎたり、ゼロになることを避けるために飽和处理を行う(ステップ613)。ここで、の飽和处理とは、空気供給総量( $A_{total}$ )が空気供給総量最小値( $A_{total\_min} = n \times A_{i\_min}$ )未満なら $A_{total\_min}$ に設定し、空気供給総量最大値( $A_{total\_max} = n \times A_{i\_max}$ )より大きければ $A_{total\_max}$ に設定することである。空気供給総量( $A_{total}$ )を変更することにより、燃料電池セル110(1)～110(n)への各空気供給量( $A_i$ ) ( $i=1 \sim n$ )がそれぞれ同じ割合で変更される。ステップ202に戻る。
- [0079] その後この燃料電池システムはステップ202以降を繰り返し、燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきを低減するように、各燃料電池セルへの空気供給量( $A_i$ ) ( $i=1 \sim n$ ))を調整しながら、要求電力( $P_{req}$ )と燃料電池スタック100の発電電力( $P$ )を一致させる。
- [0080] 以上述べた通り、本実施の形態の燃料電池システムは、各燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧のばらつきに応じて各燃料電池セルへの空気供給量( $A_i$ )を制御する。これにより、燃料電池セルの特性や空気供給装置の特性に多少ばらつきがあっても、燃料電池セルの電圧のばらつきを無くして、いずれかの燃料電池セルの電圧が低下することにより燃料電池セルが劣化することを防ぐ。更に、いずれかの燃料電池セルの電流が低下することにより、燃料電池スタックの発電電力が低下してしまうことを防ぐことができる。
- [0081] 本発明の実施の形態2の燃料電池システムは、負荷装置109が要求する要求電力

と燃料電池スタック100の発電電力との差に応じて空気供給総量を管理することにより、要求電力と発電電力をできるだけ一致させることができる。燃料電池セル110(1)～110(n)の電圧の最小値が所定値より小さくなった場合には、燃料電池スタックの電圧を増加させることにより、燃料電池セルの劣化を未然に防ぐことができる。

[0082] なお、本発明の実施の形態2の電力変換器103は、燃料電池スタックの電圧を目標電圧に一致させるように制御するDC－DCコンバータであった。これに代えて電力変換器103は、燃料電池スタックの電流を目標電流に一致させるように制御するDC－DCコンバータであっても良い。この場合、図6のステップ222において、コントローラ108は燃料電池スタック100の目標電圧の増加に代えて、燃料電池スタックの目標電流を減少させる( $\text{目標電流} \leftarrow \text{目標電流} - k_4 \times \text{em}$ ) ( $k_4$ は所定の正定数)。

[0083] なお、本発明の実施の形態2において、燃料電池セルと同数の空気供給装置が各燃料電池セルに空気を供給したが、空気供給装置の数はこれに限定されない。複数の燃料電池セルのそれぞれに対応する空気供給量に基づいて個別に空気を供給できれば、空気供給装置の数はいくつであっても良い。例えば、一つの空気供給装置が燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルにそれぞれ空気を供給しても良い。

[0084] なお、本発明の実施の形態1の燃料電池システムにおいては、燃料供給量を燃料電池セル毎に設定し、空気供給量は全ての燃料電池セルに共通の値であった。実施の形態2の燃料電池システムにおいては、空気供給量を燃料電池セル毎に設定し、燃料供給量は全ての燃料電池セルに共通の値であった。これらを組み合わせて、燃料と空気の両方の供給量をそれぞれ燃料電池セル毎に設定して供給しても良い。

[0085] 本発明の燃料電池システムによれば、複数の燃料電池セルを直列に接続して所望の出力電圧を得る燃料電池スタックから、安定した出力電流を取り出すことができる。それにより複数の燃料電池セルを積層した燃料電池スタックを小型化して、携帯電子機器などの電源として好適な小型の燃料電池システムを実現することができる。

#### 産業上の利用可能性

[0086] 本発明の燃料電池システムは、携帯電子機器等の電源として有用である。

## 請求の範囲

- [1] 複数の燃料電池セルを直列に接続した燃料電池スタックと、  
目標とする燃料供給量に基づいて、前記複数の燃料電池セルの各々に燃料を供給する燃料供給装置と、  
目標とする空気供給量に基づいて、前記複数の燃料電池セルの各々に空気を供給する空気供給装置と、  
負荷装置が要求した要求電力と前記複数の燃料電池セルの各電圧とに基づいて、前記燃料供給量と前記空気供給量とを決定するコントローラと、  
を備えた燃料電池システムにおいて、  
前記コントローラは、前記複数の燃料電池セルの各々の電圧のバラツキが最小になるように、前記複数の燃料電池セルの各電圧に基づいて、前記燃料供給量と前記空気供給量の少なくともいずれか一方を前記燃料電池セル毎に設定し、  
前記燃料供給装置は前記燃料電池セル毎の前記燃料供給量に基づいて前記複数の燃料電池セルの各々に燃料を供給し、及び／又は前記空気供給装置は前記燃料電池セル毎の前記空気供給量に基づいて前記複数の燃料電池セルの各々に空気を供給する、  
ことを特徴とする燃料電池システム。
- [2] 前記コントローラは、所定時間毎に、前記複数の燃料電池セルの各電圧と前記複数の燃料電池セルの電圧の平均値との差である電圧偏差を算出し、  
前記燃料供給量の総量を一定に保ちながら前記電圧偏差に応じて前記複数の燃料電池セルの各々の前記燃料供給量を増減させて、  
及び／又は前記空気供給量の総量を一定に保ちながら前記電圧偏差に応じて前記複数の燃料電池セルの各々の前記空気供給量を増減させることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池システム。
- [3] 前記燃料電池システムは、前記燃料電池スタックの温度を計測する温度計測器を更に備え、  
前記コントローラは、前記燃料電池スタックの温度と前記負荷装置の要求電力とから、前記燃料供給量の総量を算出する燃料供給総量テーブル及び／又は前記空気

供給量の総量を算出する空気供給総量テーブルを有し、

前記コントローラは、前記温度計測器から前記燃料電池スタックの温度を入力し、前記負荷装置から要求電力を入力して、前記燃料供給総量テーブル及び／又は前記空気供給総量テーブルに基づいて前記燃料供給量の総量及び／又は前記空気供給量の総量を算出し、前記燃料供給量の総量及び／又は前記空気供給量の総量を前記燃料電池セルの総数で除した量を前記複数の燃料電池セルの各々の前記燃料供給量及び／又は前記空気供給量の初期値とし、

前記複数の燃料電池セルの各電圧と前記複数の各燃料電池セルの電圧の平均値との差である電圧偏差を算出し、各々の前記燃料電池セルの前記燃料供給量及び／又は前記空気供給量から前記電圧偏差に所定の値を乗算した値を減算して目標とする燃料供給量及び／又は空気供給量を得る動作を所定時間毎に繰り返す、

ことを特徴とする請求項2に記載の燃料電池システム。

- [4] 前記コントローラは、所定時間毎に、前記複数の燃料電池セルの各電圧と前記複数の燃料電池セルの電圧の平均値との差である電圧偏差を算出し、

前記複数の燃料電池セルの前記電圧偏差の絶対値の最大値が所定値よりも小さくなった場合に、一定時間内の前記燃料電池スタックの発電電力を算出し、その発電電力と前記負荷装置からの要求電力との電力差に応じて、前記燃料供給量の総量又は前記空気供給量の総量を増減させることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池システム。

- [5] 前記燃料電池スタックの発電電力と前記負荷装置からの要求電力との電力差に所定の値を乗じた値をこれまでの前記燃料供給量の総量又は前記空気供給量の総量に加算することによって前記燃料供給量の総量又は空気供給量の総量を増減させることを特徴とする請求項4に記載の燃料電池システム。

- [6] 前記燃料電池スタックの電圧又は電流が、前記コントローラが決定する目標電圧又は目標電流になるように制御して、前記燃料電池スタックが出力する電力を前記負荷装置に供給する電力変換器を更に有し、

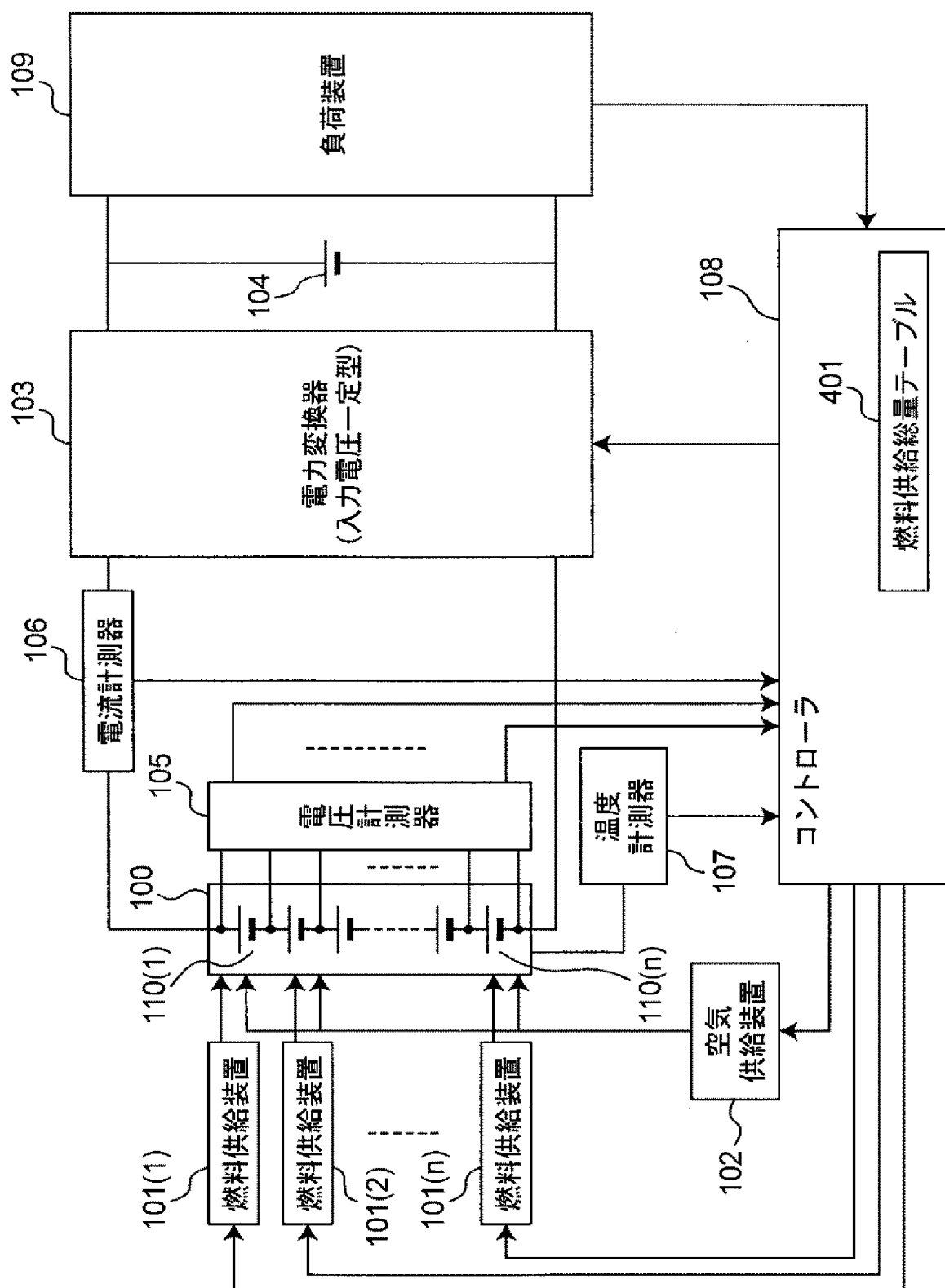
前記複数の燃料電池セルの各電圧の中の最小電圧値が所定電圧値よりも小さくなった際には、前記コントローラが前記目標電圧を増加させることにより、前記電力変



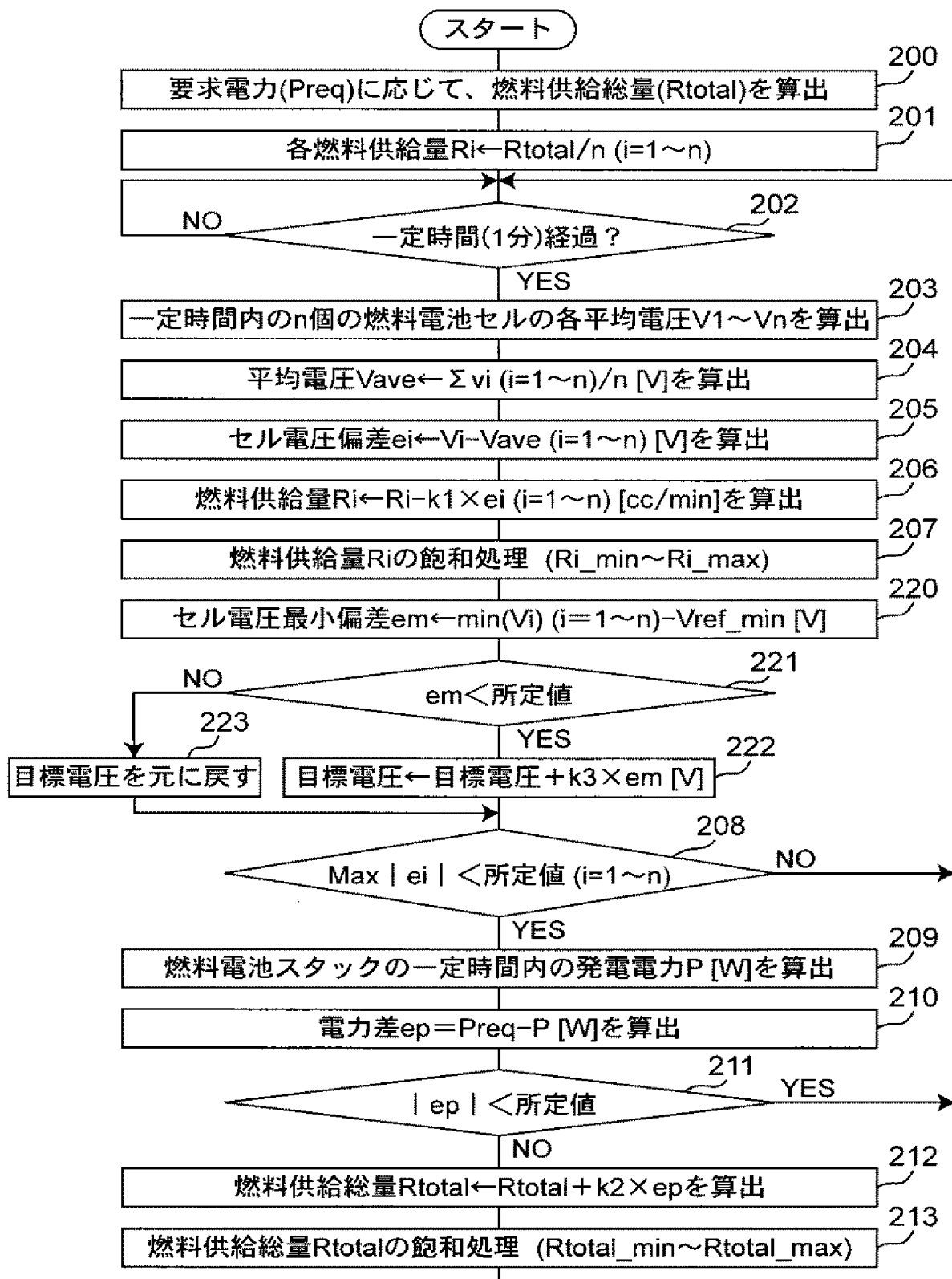
換器は前記燃料電池スタックの電圧を増加させ、あるいは前記コントローラが前記目標電流を減少させることにより、前記電力変換器は前記燃料電池スタックの電流を減少させることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池システム。

- [7] 前記複数の燃料電池セルの各電圧の中での最小電圧値が所定電圧値よりも小さくなった際には、前記コントローラは前記最小電圧値と前記所定電圧値との電圧差に所定値を乗じた値を前記目標電圧に加算し、前記目標電圧に基づいて前記電力変換器は前記燃料電池スタックの電圧を増加させ、あるいは前記コントローラは前記最小電圧値と前記所定電圧値との電圧差に所定値を乗じた値を前記目標電流から減算し、前記目標電流に基づいて前記電力変換器は前記燃料電池スタックの電流を減少させることを特徴とする請求項6に記載の燃料電池システム。

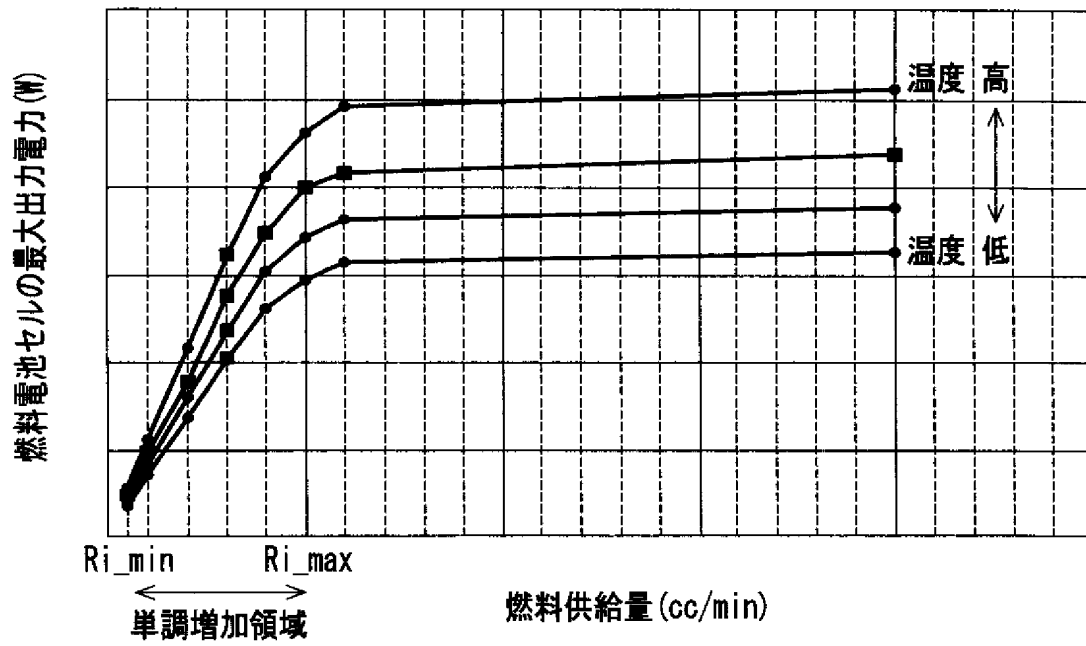
[図1]



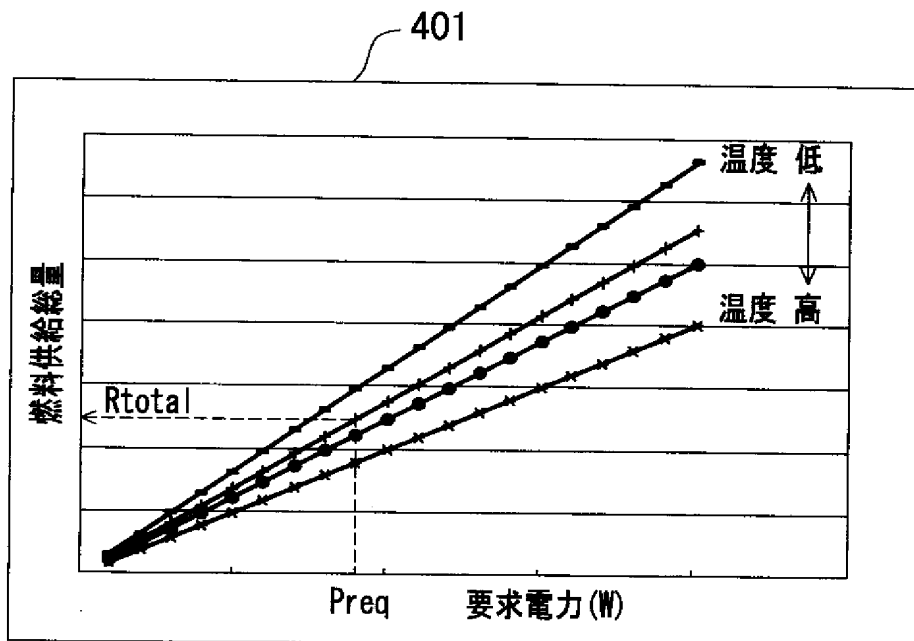
[図2]



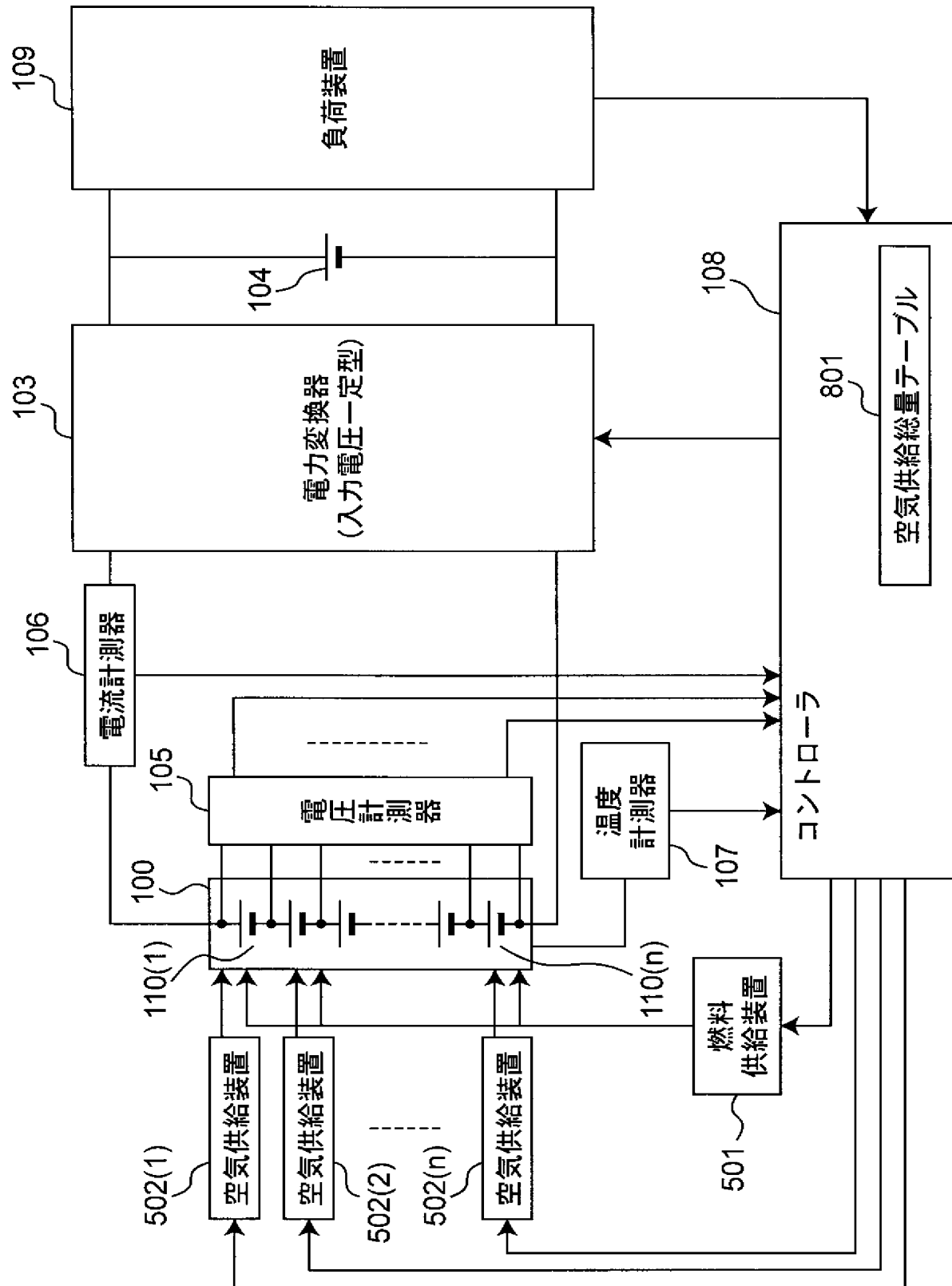
[図3]



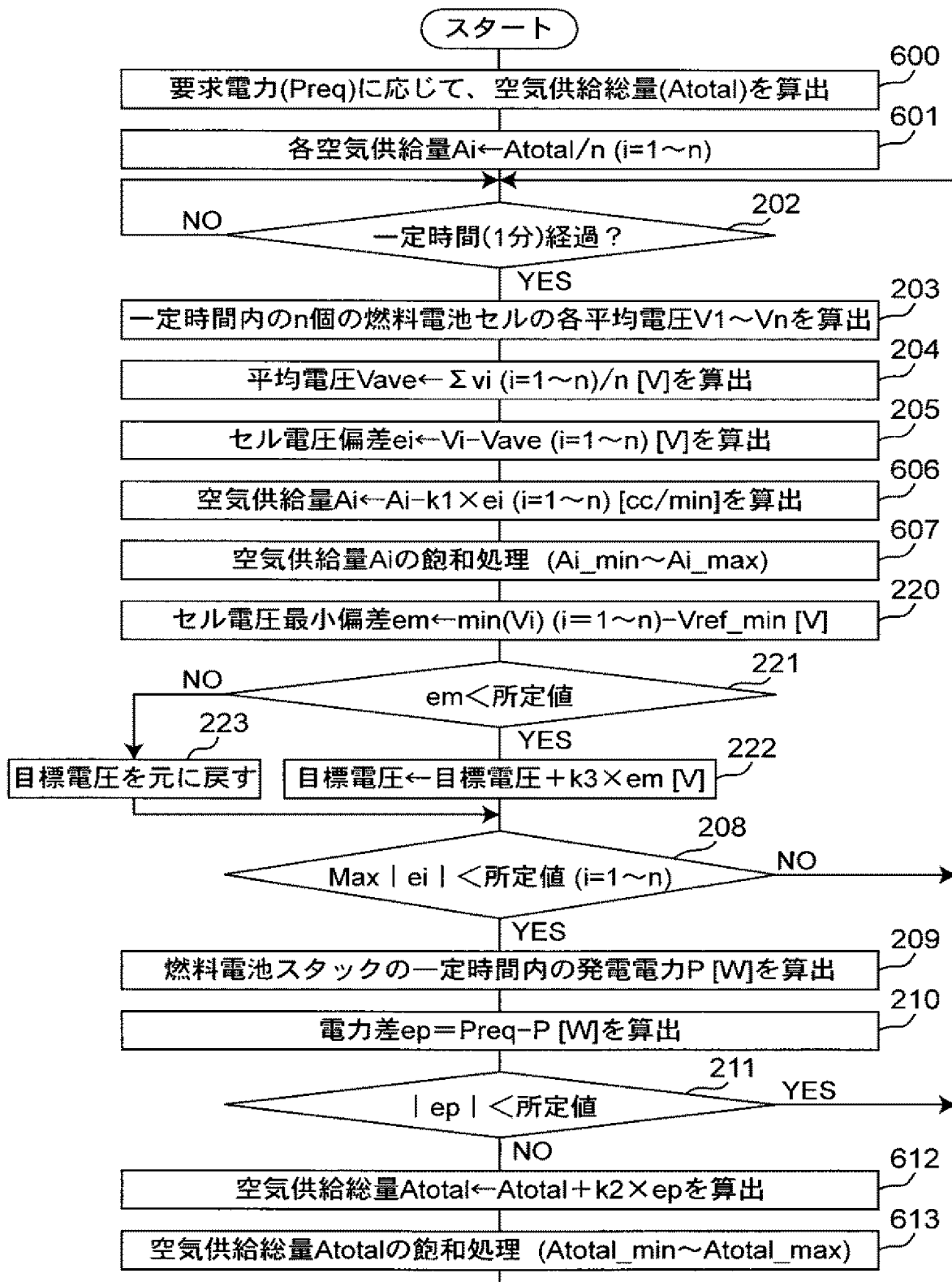
[図4]



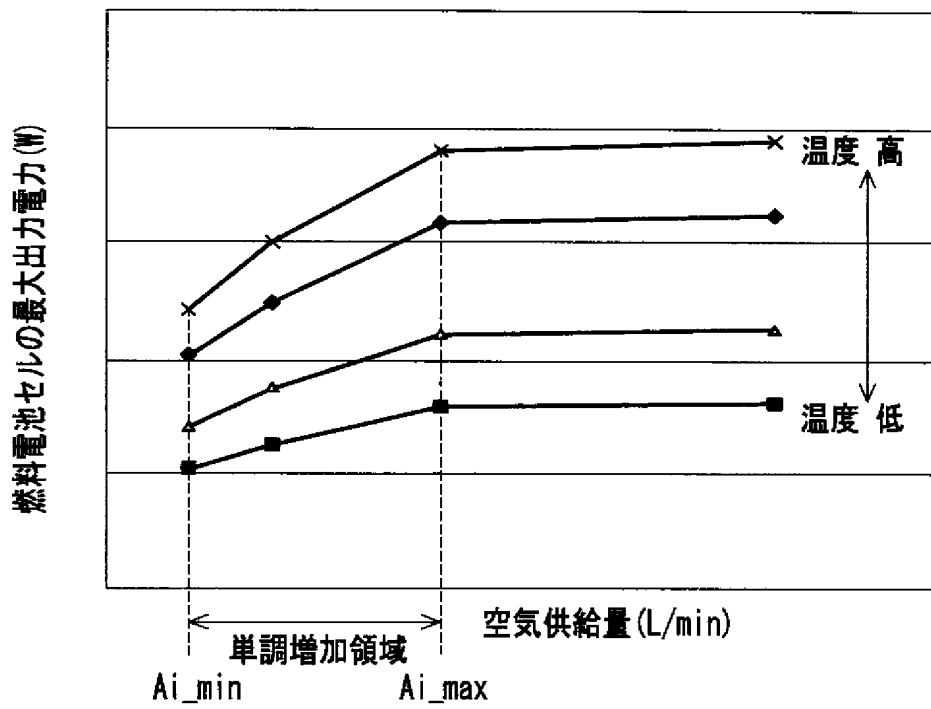
[図5]



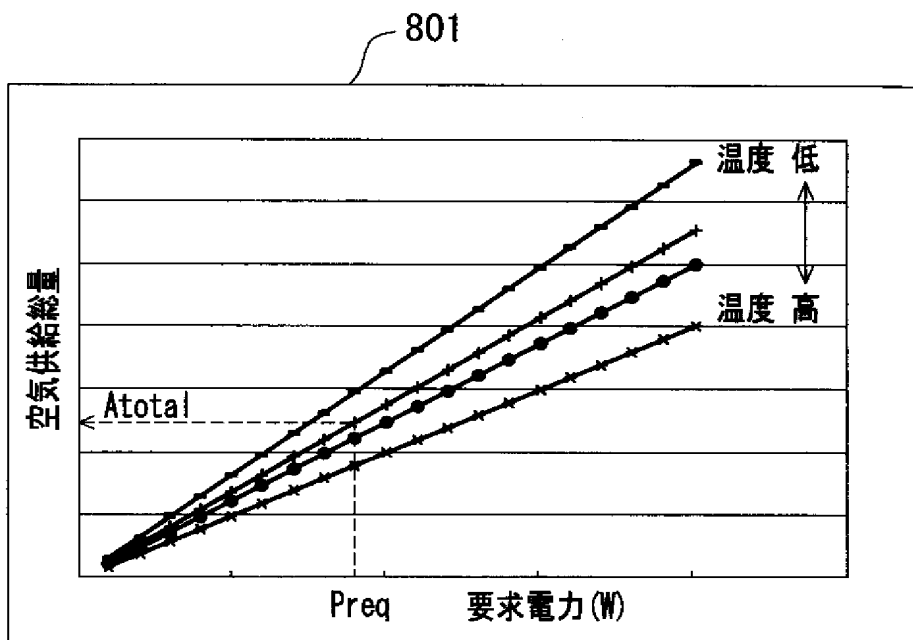
[図6]



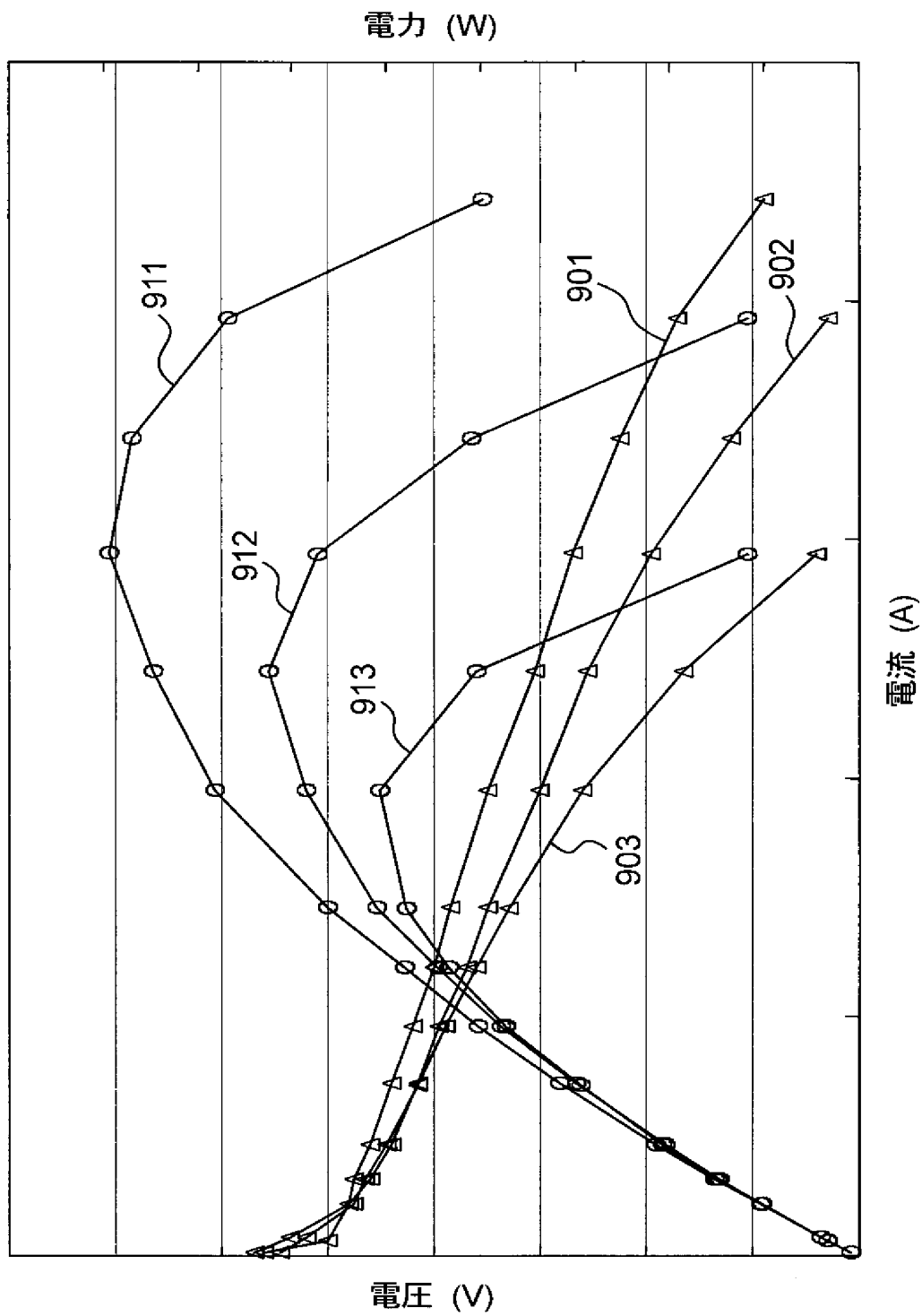
[図7]



[図8]



[図9]





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/015428

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**H01M8/04** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**H01M8/04** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-164068 A (Denso Corp.), 07 June, 2002 (07.06.02), Full text (Family: none)	1-7
Y	JP 63-291364 A (Toshiba Corp.), 29 November, 1988 (29.11.88), Full text (Family: none)	1-7
Y	JP 64-30174 A (Hitachi, Ltd.), 01 February, 1989 (01.02.89), Full text (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
05 December, 2005 (05.12.05)

Date of mailing of the international search report  
13 December, 2005 (13.12.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/015428

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-31439 A (Toshiba Corp.), 02 February, 1996 (02.02.96), Full text (Family: none)	2-5
Y	JP 8-171921 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 02 July, 1996 (02.07.96), Full text (Family: none)	3
Y	JP 2002-343397 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 29 November, 2002 (29.11.02), Full text (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl. **H01M8/04** (2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl. **H01M8/04** (2006.01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-164068 A (株式会社デンソー) 2002.06.07, 全文 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 63-291364 A (株式会社東芝) 1988.11.29, 全文 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 64-30174 A (株式会社日立製作所) 1989.02.01, 全文 (ファミリーなし)	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日  
05.12.2005

国際調査報告の発送日  
13.12.2005

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)	4K	9062
原 賢一		
電話番号 03-3581-1101 内線 3435		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 8-31439 A (株式会社東芝) 1996. 02. 02 , 全文 (ファミリーなし)	2-5
Y	JP 8-171921 A (三洋電機株式会社) 1996. 07. 02, 全文 (ファミリーなし)	3
Y	JP 2002-343397 A (日産自動車株式会社) 2002. 11. 29, 全文 (ファミリーなし)	1-7